

---

## Κεφάλαιο 1

# Ύλη μεταξύ των αστερών

---

Στον μεσοαστρικό χώρο υπάρχει μια τεράστια ποσότητα ύλης υπό τη μορφή αερίου και σκόνης. Το υλικό αυτό είναι η πρωτογενής αιτία της δημιουργίας των αστερών άρα η έρευνα για τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά της είναι απαραίτητη για την βαθύτερη κατανόηση της πρώιμης δημιουργίας των αστερών.

ποσοστό στο γαλαξία?

διατύπωση/μεταφραση

διατύπωση/μεταφραση

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η ύλη μεταξύ των αστερών αποτελείται περίπου κατά 99% από αέριο και κατά 1% από σκόνη με τη συνολική της μάζα στο γαλαξία μας να είναι της τάξης των  $M_{\odot}$  ενώ η πυκνότητα της κυμαίνεται από  $10^{-4}$  έως  $10^6$  σωματίδια ανά  $cm^3$ .

μάζα αερίου

βιβλιογραφία

### 1.1 Φάσεις και χαρακτηριστικά της Μεσοαστρικής Ύλης

Η Μεσοαστρική Ύλη (ISM) απαντάται σε τρεις φάσεις με διαφορετικά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά <sup>1</sup> τη **ψυχρή** που αποτελείται από μοριακό και ατομικό αέριο Υδρογόνου και σκόνη, τη **θερμή** από ατομικό και ιονισμένο αέριο Υδρογόνο και την **υπερθερμή** από διεγερμένο αέριο από κρουστικά κύματα εκρήξεων supernova.

#### Ενεργειακή ισορροπία

Η κινητική θερμοκρασία <sup>2</sup> της Μεσοαστρικής Ύλης κυμαίνεται σε ένα εύρος τιμών 6 τάξεων μεγέθους όπως παρατηρούμε και από τον πίνακα 1.1. Για να περιγράψουμε και να μοντελοποιήσουμε την ενεργειακή ισορροπία στη Μεσοαστρική Ύλη

---

<sup>1</sup>Για τα χημικά χαρακτηριστικά αναφερόμαστε στη σύνθεση των μορίων και στην αναλογία των στοιχείων. Στα φυσικά χαρακτηριστικά αναφερόμαστε στη πυκνότητα και τη θερμοκρασία της Ύλης

<sup>2</sup>Το ψυχρό μεσοαστρικό αέριο λόγω της γενικά χαμηλής του πυκνότητας δεν βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία. Επομένως όταν μιλάμε για θερμοκρασία αναφερόμαστε στη κινητική του θερμοκρασία.[2, p. 28]

Πίνακας 1.1: Χαρακτηριστικά της μεσοαστρικής ύλης και περιοχές παρατήρησης

Κατηγορία	Κατάσταση Υδρογόνου	$T$ (K)	$n$ ( $cm^{-1}$ )	Περιοχή Παρατηρήσεων
Μοριακά Νέφη	Μοριακό $H_2$	10-50	$> 10^3$	Μοριακή εκπομπή - απορρόφηση στο Ράδιο και στο Υπέρυθρο
Ψυχρά Νέφη HI	Ατομικό H	100	30	Γραμμή απορρόφησης 21 cm
Θερμό HI	Ατομικό H	$10^3$	0.1	Γραμμή εκπομπής 21 cm
Θερμό HII	Ιονισμένο $H^+$	$10^4$	$10^{-2}$	Γραμμή Εκπομπής $H\alpha$
Περιοχές HII	Ιονισμένο $H^+$	$10^4$	$> 100$	Γραμμή Εκπομπής $H\alpha$
Υπέρθερμο Ιονισμένο αέριο	Ιονισμένο $H^+$	$10^6 - 10^7$	$10^{-3}$	Εκπομπή ακτινοβολίας X, Απορρόφηση από ιονισμένα μέταλλα

άρα να εξηγήσουμε και τις παρατηρούμενες θερμοκρασίες θα πρέπει να υπολογίσουμε τις διαδικασίες θέρμανσης και ψύξης. Η κύρια διαδικασία ψύξης είναι η εκπομπή ακτινοβολίας είτε μέσω αυθόρμητης αποδιέγερσης ή αποδιέγερσης λόγω κρούσης. Ενώ για τη θέρμανση έχουμε μια πληθώρα διαδικασιών θέρμανσης οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε 3 κατηγορίες:

- θέρμανση από πεδία ακτινοβολίας: φωτοηλεκτρική απορρόφηση σε ουδέτερα στοιχεία, φωτοδιάσπαση στα μόρια, φωτοιονισμός.
- θέρμανση μέσω συγκρούσεων: από τυρβώδες ροές, κρουστικά κύματα καταλοίπων *supernova* και κοσμικής ακτινοβολίας.
- θερμική ανταλλαγή μεταξύ της σκόνης και νεφών αερίου, αλληλεπίδραση ιονισμένου αερίου με μαγνητικά πεδία, βαρυτική κατάρρευση.

## 1.2 Το Μεσοαστρικό Αέριο

Από τις πρώτες κιόλας παρατηρήσεις του μεσοαστρικού αερίου ανακαλύψαμε ότι βρίσκεται κυρίως σε μορφή διακριτών συμπυκνώσεων δηλαδή έχουν δομή νεφών ενώ μπορεί να βρίσκεται σε μορφή ατομική, ιονισμένη και μοριακή. Τα συστατικά του αερίου είναι:

- Υδρογόνο ( $H_2$ , H, HI, HII,  $e^-$ )
- Ήλιο (HeI, HeII)
- Trace Elements (C, O, Ne, Mg, Fe, κ.α.)
- Μόρια ( $CO$ ,  $CS$ , κ.α.)

Το κυριότερο σε αναλογία συστατικό του Μεσοαστρικού Αερίου είναι το ουδέτερο ατομικό Υδρογόνο, το οποίο σε θερμοκρασίες  $50\text{--}200\text{ K}$  βρίσκεται σε σχετικά πυκνά νέφη ενώ σε θερμοκρασίες πάνω από  $1000\text{ K}$  είναι διάχυτο και αραιό (έτσι ώστε να παραμένει ουδέτερο).

#### **Παρατηρήσεις του μεσοαστρικού αερίου**

Η πολύ χαμηλή θερμοκρασία και πυκνότητα του μεσοαστρικού αερίου (10 100) κάνει πάρα πολύ δύσκολη τη παρατήρηση του.

#### **Παρατηρήσεις ατομικού και μοριακού Υδρογόνου**

**Παρατηρήσεις του Ιονισμένου Υδρογόνου** Στη περίπτωση

### **1.3 Μοριακά Νέφη**



---

## Βιβλιογραφία

---

1. Schulz, N. S. *The Formation and Early Evolution of Stars* ISBN: 978-3-642-23925-0, 978-3-642-23926-7 (Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012).
2. Spitzer, L. *Physical processes in the interstellar medium* ISBN: 0471293350 9780471293354 (Wiley, New York, 1998).